

ПРИМЕНЕНИЕ ПОПРАВОК В ЗАКОН СТОКСА НА СКОЛЬЖЕНИЕ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В ГАЗОВОМ ПОТОКЕ

Дель У.А., Зубрицкая Е.Ю.

Научный руководитель - Скапцов А.С., к.ф.-м.н., доцент
Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
г.Могилев, Беларусь

Решая уравнение движения сферической частицы радиусом R , движущейся с постоянной скоростью в покоящейся вязкой жидкости, Стокс установил [1], что сила торможения может быть рассчитана по формуле:

$$F_d = -6\pi\eta RV, \quad (1)$$

где η - коэффициент динамической вязкости жидкости, V - скорость частицы. Выражение (1) было получено Стоксом при условии отсутствия скольжения жидкости по поверхности частицы. В отличие от жидкостей при движении аэрозольной частицы в газе наблюдается эффект скольжения, т.е. скорость газа вблизи поверхности частицы не равна нулю, что связано с тепловым характером движения молекул газа. Для определения скорости скольжения необходимо ввести граничные условия на поверхности частицы и решить систему уравнений Навье-Стокса. В континуальном режиме течения при условии $\eta/R \ll 1$ решение этой задачи привело к следующему результату [1]:

$$F_d = -6\pi\eta RV/C, \quad (2)$$

где $C = (1 + 3\eta/\varepsilon R)/(1 + 2\eta/\varepsilon R)$ - поправка на скольжение, ε - коэффициент внешнего скольжения. Если полученное выражение поправки на скольжение разложить в ряд Тейлора и пренебречь членами более высокого порядка, то приходим к результату:

$$C \approx 1 + \eta/\varepsilon R. \quad (3)$$

Это выражение похоже по форме на поправку Кеннингема [1], введенную для малых чисел Кнудсена (Kn) с использованием уравнений гидродинамики:

$$C \approx 1 + AKn, \quad (4)$$

где A - некоторая константа (поправка на скольжение). Число Кнудсена, в свою очередь, зависит от длины свободного пробега молекул λ , которая в кинетической теории газов связана с коэффициентом динамической вязкости:

$$\eta = k\rho\langle v \rangle\lambda, \quad (5)$$

где ρ - плотность газа, $\langle v \rangle$ - средняя квадратичная скорость движения газовых молекул, а k - безразмерный параметр из кинетической теории, значение которого для воздуха при нормальных условиях можно принять равным 0,491.

Позднее поправка Кеннингема была распространена на широкий диапазон чисел Кнудсена, а константа A представлена в виде:

$$A = \alpha + \beta \exp(-\gamma/Kn), \quad (6)$$

где α , β и γ - параметры, которые зависят от поверхности частицы и характеристик газа и могут быть определены экспериментально. Установление точных значений этих параметров является важной задачей физики аэрозолей.

Список использованных источников

1. Baron, P.A. Aerosol Measurement / P.A. Baron, K.Willeke. - Edited by Van Nostrand Reinhold: New York, 1993. - 876 p.